Über spontane Bewegungen und Formänderungen von pflanzlichen Farbstoffkörpern.

Von Prof. Dr. **Adolf Weiss** in Prag,
correspondirendem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Arbeiten des k. k. pflanzen-physiologischen Institutes in Prag. XIII.)

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Juli 1884.)

Fromann[1] hat zuerst eingehender über spontane Veränderungen berichtet, die er an Inhaltstheilen pflanzlicher Zellen (Köpfchenhaaren von *Pelargonium zonale*, Epidermiszellen der Blüthe von *Coreopsis bicolor* etc.) beobachtete und die[2] nach ihm bestehen in einem Wechsel ihrer Form, Grösse und ihres Brechungsvermögens, der Bildung von Vacuolen, dem Auftreten von Abschnürungs- und Theilungsvorgängen, in ihrem Zerfall zu kleinen Körnern oder zu Körnchen und feinen Fäden, und in ihrem Verschmelzen zu umfangreicheren, unregelmässig begrenzten Gebilden, oder zu einer homogenen oder granulirten Masse, aus der sich nach ihrer Vacuolisirung, oder ohne dass eine solche eingetreten ist, Netze oder ein derbes Fadengerüst entwickeln können.

An den Chromatophoren in der Blüthe von *Coreopsis bicolor* konnte er[3] spontan eintretende Veränderungen nicht beobachten, dagegen einen allmäligen oder raschen Schwund der blassgelben Körner in seiner Zusatzflüssigkeit[4] constatiren. Bildung und Rückbildung geformter Theile, wie in den Köpfchen der Drüsenhaare von *Pelargonium zonale* von ihm beobachtet wurden, konnte er gleichfalls nicht wahrnehmen.

---

[1] Untersuchungen über Structur, Lebenserscheinungen und Reactionen thierischer und pflanzlicher Zellen. Jena, 1884.

[2] l. c. pag. 261.

[3] l. c. pag. 273.

[4] 1—2 Proc. Zuckerlösung.

Durch die im Nachfolgenden mitgetheilten Beobachtungen wird sich ein, wie mir scheint, sehr verbreitetes Auftreten spontaner Bewegungen und Formänderungen an pflanzlichen Chromatophoren erweisen, durch welches die sehr beachtenswerthen Untersuchungen von Fromann eine Erweiterung und Bestätigung erfahren dürften, und aus welchen die protoplasmatische Natur dieser Chromatophoren so recht augenscheinlich sich ergibt.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass bei so ausserordentlich veränderlichen Gebilden, wie es im Allgemeinen die Farbstoffkörper in den Pflanzenzellen sind, bei der Untersuchung alle jene Vorsichtsmassregeln angewendet wurden, welche die Trübung der beobachteten Erscheinungen durch Einfluss von Wasser, Druck u. s. w. ausschlossen. In einigen Fällen leistet 1—2 Proc. Zuckerlösung, wie sie Fromann anwendete, vortreffliche Dienste, doch hat man sich bei dem so ausserordentlich verschiedenen Verhalten der Chromatophoren gegen Wasser und andere Zusatzflüssigkeiten immer erst genau zu orientiren über die Wirkungen derselben in concreten Fällen.

Die Entwicklung der Chromatophoren[1] ist nur hie und da flüchtig gestreift worden, weil die Resultate meiner langjährigen Untersuchungen darüber ohnehin demnächst zur Veröffentlichung gelangen werden.

Das Epidermoidalgewebe der fertigen Blüthe von *Iris Kamorensis* zeigt in den Zellen der Perigonunterseite, an den inneren Wandungen gelegen, sehr zahlreiche 0·004—0·005 Mm. grosse, intensiv gelb gefärbte, in allen Stadien der Theilung begriffene Farbstoffkörper (Taf. I, Fig. 1 *A*, *b*, *c*, *d*).[2] Dieselben sind entweder solid (Fig. 1 *A*, *d*, *g*) oder sie zeigen eine feine Körnung ihrer Substanz (Fig. 1 *A*, *a*). Oft liegen sie einander so nahe, dass sie sich gegenseitig abplatteten (Fig. 1 *A*, *b*, *d*), immer aber bleibt zwischen den einzelnen Körnern eine hyaline Trennungszone bemerkbar. In der bereits aufgeblühten Blüthe

[1] Aus letzter Zeit sind nach langer Stagnation eine Reihe bahnbrechender Arbeiten von Schimper, Meyer u. A. zu verzeichnen.

[2] Einstellung auf die untere (innere) Wand der Zelle.

erscheinen diese Farbstoffkörper fast immer bereits mehr oder weniger gequollen (deformirt), die runden (Fig. 1 *A*, *c*) 0·006 bis 0·008 Mm. im Durchmesser, die gestreckteren Formen (Fig. 1 *A*, *b*) bis 0·009 Mm. lang. Ihre Substanz ist nicht mehr homogen oder feinkörnig, sondern zeigt beträchtlich gröbere Körner, die noch dazu im Innern der Gebilde in der heftigsten Molekularbewegung tanzen (Fig. 1 *A*, *c*, *b*). Ein eigenthümlicher Anblick! Solche Körner kann man nicht mehr als intacte bezeichnen, sie befinden sich bereits im ersten Stadium ihres Zerfalles, und kann man durch einfache Wasserwirkung an den homogenen oder feingekörnten, intacten Chromatophoren diesen Zustand herbeiführen. Länger andauernder Wassereinfluss lässt sie nach und nach ganz zerfallen (Taf. I *A*, *f*), indem, meist von einem Punkte der Peripherie ausgehend, die Contouren immer undeutlicher werden, bis das Ganze in zahllose, gelbe, wimmelnde Punkte zerfällt. In anderen Fällen (Taf. I *A*, *e*), und zwar besonders bei den Chromatophoren in den Papillenzellen der Epidermis der Perigonoberseite, werden sie durch Vacuolen, die immer grösser werden, ausgehöhlt, ohne dass dabei ihre Substanz körnig würde (Taf. I, Fig. 1, *B*), oder es geschieht diess (Alkoholwirkung) zugleich mit ihrer Aushöhlung und dem nachträglichen Zerfallen in Punktgewimmel. Benachbarte Zellen können sich dabei ganz verschieden verhalten. Häufig sieht man, und zwar bereits unter der Einwirkung von Wasser, noch mehr bei anderen Reagentien, die Farbstoffkörner zu grösseren gelben, hautartigen Gebilden verschmelzen, in denen die Contouren der ursprünglichen Körner durch ihre viel intensivere Färbung noch hie und da sichtbar sind.[1] (Taf. II, Fig. 19.) Später verschwinden sie, und es bleibt ein homogenes, gelbes, häutiges, durch Vacuolen wie durchlöchert aussehendes Gebilde zurück. (Taf. II, Fig. 20.)

Bei Einwirkung von Schwefelsäure treten zunächst grüngelbe Kugeln und Tropfen aus der Substanz der Chromatophoren und fliessen bald zu intensiv dunkelgrünen, grösseren Kugeln zusammen, die im contrahirten, sich später blau färbenden

[1] Mit Jodlösung werden diese Contouren intensiv spangrün gefärbt, und erscheinen diese hautartigen Concretionen dann wie ein grünes Netz- oder Maschenwerk.

Inhaltssacke liegen. Jodlösung färbt die Farbstoffkörner schön spangrün und es treten dabei gelbe, sich später grün färbende und zum Theil coagulirende Tröpfchen aus ihrer Substanz. Durch Kalilauge werden sie grobkörnig und zerfallen in ein gelbes Punktgewimmel; stellenweise treten auch hier gelbe Tröpfchen aus ihnen heraus. Durch Essigsäure wird ihre Substanz unter Austritt von intensiv gelben Tröpfchen grobkörnig.

Die äusseren (oberen) Wände der Epidermiszellen der Perigonunterseite zeigen nur spärliche Chromatophoren (Taf. I, Fig. 1 *A*, *a*),[1] die aber in hohem Grade beweglich sind. Sie kriechen amoebenartig herum, benachbarte oft in entgegengesetzter Richtung, und zeigen dabei die mannigfaltigsten Veränderungen ihrer Form und Substanz (Taf. I, Fig, 2—6). Dieselbe ist in der Regel feinkörnig (ruhende Körner!), öfters deutliche Mikrosomennetze zeigend und häufig einen oder mehrere Fortsätze aussendend, die eine perlschnurartige Zusammensetzung aus Körnchen zeigen und an ihren Enden oft ungefärbt (hyalin) erscheinen.

Beobachtet man ein solches Gebilde längere Zeit hindurch,[2] so wird man wahrnehmen (Taf. I, Fig. 2, *a*—*m*),[3] dass der eine oder der andere Fortsatz plötzlich eingezogen wird (Taf. I, Fig. 2 *b*), und dass die Contouren des Chromatophors

---

[1] Einstellung auf die äussere Wand. Dieselben Lagerungsverhältnisse zeigen die Chromatophoren in den Papillenzellen der Epidermis der Perigonoberseite. Querschnitte zeigen, dass auf beiden Perigonflächen ausser der Epidermis, wo sie am zahlreichsten sind, auch die zwei nächstfolgenden Mesophyllschichten die Farbstoffkörper zeigen, und zwar auch da vorwiegend an der unteren (inneren) Wand gelagert. Doch sind sie im Mesophylle weit spärlicher vorhanden, auch beträchtlich kleiner (0·003 bis 0·004 Mm. gross), und mit einem Stiche ins Grüne. Sie sind widerstandsfähiger wie die Chromotophoren in der Epidermis (besonders in der der Perigonoberseite), zeigen aber schliesslich das gleiche Verhalten wie diese gegen Wasser, Schwefelsäure, Jodlösung etc. In den schmalen Narbenblättern zeigen sie bei Wassereinwirkung deutlich sichtbar werdende, durch Jod sich bläuende Stärkeeinschlüsse, die — wenigstens den völlig ausgebildeten — Chromatophoren der Oberhaut fehlen.

[2] Die Farbkörper in den Corollen von *Onagra muricata* und *Simsiana*, und dessgleichen die von *Oenothera biennis* sind gleichfalls günstige Objecte.

[3] In der Reihenfolge der Veränderungen abgebildet.

heftig unduliren und sich Ausbauchungen an der Peripherie bald da, bald dort zeigen und wieder verschwinden, und dass durch Einziehen des zweiten Fortsatzes das ganze Gebilde eine mehr weniger ovoidale Gestalt annimmt (Taf. I, Fig. 2*c*). Kurze Zeit darauf werden abermals Fortsätze aus der Substanz hervorgeschoben (Taf. I, Fig. 2*d*), die ihrerseits wieder öfters Äste aussenden (Taf. I, Fig. 2*e*), wodurch eine beträchtliche Verkleinerung des Hauptkörpers eintreten kann. Die Fortsätze, respective deren Enden, zeigen dabei fast immer eine hin- und hergehende, gleichsam tastende Bewegung, wobei sie sich auf das mannigfaltigste krümmen und winden können (Taf. I, Fig. 2, *h*, *h'*). Oft sieht man mehrere dieser Chromatophoren sich einander nähern, auch wohl sich aneinander legen (Taf. I, Fig. 2*i*), wobei in der Regel die Fortsätze eingezogen werden, auch wohl sich wieder von einander entfernen (Taf. I, Fig. 2*k*), und das Spiel des Ausstülpens und Einziehens der Fortsätze wiederholen etc. Häufig treten in diesen Fortsätzen deutlich sichtbare grössere Körnchen (Substanzverdichtungen) auf (Taf. I, Fig. 2*e*), die wieder verschwinden können, auch zeigt die Hauptmasse bei allen diesen Formveränderungen sich bald mehr, bald weniger homogen, oder gröber oder feiner gekörnt und genetzt, und sind besonders stärkere Undulationen der Contouren von solchen inneren Veränderungen begleitet.

Nicht selten kommt es vor, dass die Fortsätze an einzelnen Stellen (oft an den Enden) grössere Verdickungen zeigen (Taf. I, Fig. 3 *a*), die dann beim Einziehen, respective Verschmelzen mit der Hauptsubstanzmasse diese letztere beträchtlich vergrössern (Taf. I, Fig. 2 *b*), worauf dann in der Regel eine sehr mächtige Ausstülpung langer Fortsätze erfolgt (Taf. I, Fig. 2*c*), welche lebhafte Krümmungen, Drehungen etc. zeigen (Taf. I, Fig 2, *d*—*g*), um später wieder eingezogen zu werden (Taf. I, Fig. 2*hi*).

Es kommt auch vor, dass zwei Farbstoffkörper aneinander herankriechen (Taf. I, Fig. 4*a*) und Fortsätze gegen einander ausstülpen (Taf. I, Fig. 4*b*), deren Enden, wie es scheint, mit einander auf längere oder kürzere Zeit in

Contact treten (verschmelzen? copuliren?) können, der sich wieder löst und anderen Ausstülpungen Platz macht etc. (Taf. I, Fig. 4*c*.)

Besonders auffallend werden die verschiedenen Formänderungen und Bewegungen dort, wo Gruppen von Chromatophoren bei einander liegen. (Taf. I, Fig. 5.) Man sieht sie da unter Ausstülpen und Einziehen von Fortsätzen und fortwährenden Änderungen ihrer Contouren in der verschiedensten Weise durcheinanderkriechen (Taf. I, Fig. 5*a*—*g*). In allen Fällen kann man wahrnehmen, dass hie und da kleine Vacuolen in der Substanz auftreten (Taf. I, Fig. 5*a*), wieder verschwinden (Taf. I, Fig. 5, *b*—*d*) und abermals erscheinen (Taf. I, Fig. 5*e*, *f*).

Auch Abschnürungsprocesse kann man beobachten (Taf. I, Fig. 6). In der Regel werden sie eingeleitet durch das Hervortreten eines Fortsatzes (Taf. I, Fig. 6*a*) aus einem früher rundlichen Korne. In das Ende eines solchen Fortsatzes sammelt sich weiter eine grössere Substanzmenge (Taf. I, Fig. 6*cd*), die eine Zeit lang durch einen schmalen Fortsatz mit der übrigen Substanz verbunden ist, der unter Umständen aber mit seiner Verdickung nicht wie in Taf. I, Fig. 3*ab* wieder eingezogen wird, sondern reisst und damit ein neues Farbkorn individualisirt (Taf. I, Fig. 6*e*).

Alle diese Veränderungen gehen rascher oder langsamer vor sich. Die Vorgänge z. B., welche in Fig. 5*a*—*g* dargestellt sind, spielten sich in 20 Minuten, die der Fig. 4 in 9 Minuten ab. Das Hervortreiben und Einziehen von Fortsätzen erfolgt aber oft ausserordentlich rasch.

Die Erscheinungen, die oben beschrieben wurden, sind unbedingt spontane, denn es muss ausdrücklich bemerkt werden, dass hier und in den folgenden der mitgetheilten Fälle, die Zellen und Chromatophoren in völlig unverletztem Zustande, die Protoplasmaströmung der ersteren in vollem Gange war etc. Es geht also nicht an, die beobachteten Bewegungen und Formveränderungen etwa als Wirkungen des Wassers, respective der Flüssigkeit, in der die Präparate lagen, d. h. gleichsam als eine, die beginnende Deformation begleitende Erscheinung zu deuten. Dagegen spricht schon der einfache Umstand, dass die Strom-

bewegung des Zellplasmas in völlig normaler Weise vor sich ging, der Cytoblast völlig intact geblieben war,[1] dass weiter z. B. die Vacuolenbildung in der Substanz der Chromatophoren, wie solche ja auch bereits bei Einwirkung von Wasser eintritt (Taf. I, Fig. 1 *Ae*, Fig. 1 *B*), in unseren Fällen wiederholt einem Verschwinden und Wiedererscheinen derselben Platz macht (Taf. I, Fig. 5), was bei Deformirungen niemals geschieht; dass bei den successiven Formveränderungen sehr häufig die ursprüngliche Gestalt wieder hervorgebracht (Taf. I, Fig. 2 *adg*) und wieder verlassen wird, dass die in der Substanz auftretende Körnung nicht wie in ersterem Falle (Taf. I, Fig. 1 *Abc*) als Punktgewimmel erscheint, und dass die ganze Erscheinung völlig an jene von Fromann beschriebenen spontanen Änderungen, wie sie Protoplasmafäden und -Massen zeigen, erinnert. Dass dabei gewisse Veränderungen in der Substanz (Vacuolenbildung z. B.) vorkommen, welche auch die, durch Wasser etc. an intacten Chromatophoren, sowie durch den normalen Zerfall derselben während und nach dem Abblühen hervorgerufenen Deformationserscheinungen begleiten, ändert daran nichts. Auch verlaufen die Verhältnisse in dem einen und dem anderen Falle dann doch sehr verschieden.

Das wird noch deutlicher bei den fadenförmigen Chromatophoren, welche andere gelb blühende *Iris*- sowie *Tulipa*-Arten zeigen.

Bei *Iris sordida* erscheinen die Epidermis-Zellen der Unterseite des Perigons dicht gefällt mit soliden, höchstens ein oder mehrere kleine Vacuolen einschliessenden Farbkörnern (Fig. 18 *a*, Taf. II), die entweder rund, oder birnförmig oder anderweitig gestaltet sind. Die runden messen 0·0023—0·003 Mm., in anderen Zellen im Mittel 0·004 Mm. und zeigen eine gelbe etwas in's Grünliche spielende Farbe. In den Zellen ist ausser ihnen viel strömendes Protoplasma vorhanden, dessgleichen im Mesophyll der Mittelrippe viel Chlorophyll ($d = 0·0038$). In Wasser quellen die Farbstoffkörper bis zu 0·005—0·007 Mm. Durchmesser an, ver-

[1] Auf die grosse Veränderlichkeit der Farbkörper und die Nothwendigkeit grosser Umsicht bei ihrem Studium, habe ich vor 20 Jahren (in Sitzungsber. der kais. Akad., Band 50 und 54) zuerst hingewiesen.

blassen dabei sehr stark, und werden durch Auftreten und Vergrössern von Vacuolen in ihrer Substanz allmälig ausgehöhlt. Da Quellen und Vacuolenbildung in sehr verschiedener Weise und im Allgemeinen in den verschiedenen Partien der Substanz mit ausserordentlich verschiedener Energie erfolgt, entstehen dadurch oft die baroquesten Formen, von denen Taf. II, Fig. 18*b* eine Musterkarte der gewöhnlichsten zeigt. Die völlig aufgeblühte, respective im Abblühen begriffene Blüthe lässt in ihren Zellen fast nur mehr solche Deformationsformen erkennen.[1] Mit dem Beginne der Zerstörung verschwindet der Cytoblast oder erscheint mindestens ausserordentlich alterirt und die Protoplasmabewegung in der Zelle stockt.

In den Narbenhaaren der Pflanze ganz allgemein, häufig aber auch in der Epidermis der Perigonblätter sind die Chromatophoren mehr oder weniger intensiv gelbe, fadenförmige homogene (Taf. II, Fig. 7—13), 0·0038—0·006 Mm. und mehr lange und 0·0007—0·0014 Mm. dicke Bildungen, welche häufig eine perlschnurartige Zusammensetzung (Gliederung) aus Einzelkörnchen zeigen (Körnchenschnüre). (Taf. II, Fig. 14, 15.).

Diese fadenförmigen Chromatophoren nun zeigen sehr lebhafte automatische Bewegungen und Formänderungen.

Oft setzt sich so ein Faden ganz plötzlich, wie auf einen Ruck hin, in Bewegung, gleitet sehr schnell oft eine weite Strecke fort, hält dann stille, setzt sich wieder in Bewegung etc. Dass dieses Fortgleiten nicht etwa passiv durch die Strombewegung des Protoplasmas erfolgt, darüber kann man sich immer bei sorgfältiger Beobachtung informiren, und wird jene Fälle, bei denen die Chromatophoren thatsächlich durch den Plasmastrom weitergeführt werden, ohne Mühe davon zu trennen wissen. Verfolgt man nun einen Faden durch längere Zeit, so wird man beobachten können, dass derselbe sich in mannigfaltiger Weise krümmt und drgl. Oft geht eine Art zitternder Bewegung durch

[1] Die Arbeit von P. Fritsch in Pringsheim's Jahrbüchern XIV, 1883, pag. 185 ff., die nebenbei gesagt wimmelt von Verdrehungen meiner diesbezüglichen 1864 und 1866 veröffentlichten Arbeiten, und auf die ich an anderem Orte zurückkomme, enthält, wie bereits Schimper hervorhob, fast nur solche Deformationsstadien.

seine ganze Substanz, als ob eine Contractionswelle über sie abliefe. Die Substanz erscheint dabei bald homogen (in der Regel in den Ruhepausen) (Taf. II, Fig. 7 *a*, *b*; Fig. 8 *a*, *b*, *d*, *e*, *f*, *h*; Fig. 9 *a*, *b*; Fig. 10 *a*, *c*, *d*, *h*; Fig. 11 *a*, *b*, *c*, *d*, *h*, *l*, *m* etc.), bald bilden sich in derselben rasch eine (Taf. II, Fig. 7 *c*; Fig. 8 *c*, *i*, *g* etc.) oder mehrere Vacuolen (Taf. II, Fig. 7 *e*, *g*, *i*; Fig. 10 *a*, *b*, *f*; *g*, *k*—*m* etc.), bald verschwinden dieselben wieder (Taf. II, Fig. 8 *d*, *e*: Fig. 10 *c*, *h* etc.) und es können dann neue auftreten u. s. w. Wurmförmige Krümmungen (Taf. II, Fig. 7 *b*; Fig. 11 *b*—*e*, *d*), knoten- oder keulenförmige Auftreibungen (Taf. II, Fig. 7 *c*—*g*; Fig. 8 *b*, *f*—*i*; Fig. 10 *e*—*h*; Fig. 13 etc.), mit oder ohne Vacuolenbildungen in denselben, Sprossungen (Taf. II, Fig. 8 *d*—*h*; Fig. 9 *g*, *h*; Fig. 10 *d*—*f*), die sich oft vom Hauptkörper ablösen (Fig. 7 *g*, *h*; Fig. 10, *f*—*h*; Fig. 12 *d*, *e*; Fig. 13 *l*, *m*), sind dabei etwas ganz gewöhnliches. So kann ein solcher Faden (Taf. II, Fig. 11 *a*) zu einer vacuolenhaltigen Kugel werden (Taf. II, Fig. 11 *p*), die ihrerseits wieder zur Fadenform sich ändert (Taf. II, Fig. 11 *k*—*m*); durch Gabelungen kann sich ein hufeisenförmiges Gebilde formiren (Taf. II, Fig. 8 *h*), es können brillenförmige Gestalten sich entwickeln (Taf. II, Fig. 9 *d*: Fig. 13 *g*, *f* etc.), durch Austreibungen von Fortsätzen (Taf. II, Fig. 11 *k*; Fig. 12 *d*; Fig. 13 *d*, *e*) keulen- und birnförmige Gestalten sich entwickeln, wobei ausserdem theils durch die Bewegungen des strömenden Protoplasmas, theils durch das automatische In- und Auseinanderschieben, Krümmen etc. der Chromatophoren eine fortwährende Änderung sowohl der Einzelcontouren als der Gesammtlagerung derselben hervorgebracht wird.

In der Knospe erscheinen die Körnchenschnüre kleiner (Taf. II, Fig. 15), in ganz jungen mit freiem Auge noch grün gefärbter Perigonblättern nicht wie früher gelb, sondern blassgrün gefärbt, auch wohl ganz farblos (Taf. II, Fig. 14 *a*), neben und mit gewöhnlichen Chlorophyllkörnern (Taf. II, Fig. 14 *c*) in allen Stadien der Theilung. Wasser höhlt sie zu grossen Kugeln aus (Taf. II, Fig. 14 *b*), deren Contour durch nicht zusammenhängende grüne Knötchenschnüre gebildet wird. Ihre Bewegungen und Formänderungen sind die gleichen wie die der

Chromatophoren der fertigen Blüthe. Bei zickzackartig geknickten Formen (Taf. II, Fig. 15), deren Theile also in sehr verschiedenen Ebenen liegen, erscheinen bei gewissen Einstellungen — aus optischen Gründen — die Knickungsstellen und häufig auch die Enden wie von grösseren (farblosen) Knötchen und Körnchen gebildet. Man überzeugt sich aber leicht vom wahren Sachverhalte.

In jungen Perigonblättern, die bereits mit freiem Auge Gelbfärbung zeigen, ist die Substanz der runden Chromatophoren noch eine sehr weiche. Sie liegen als blassgelbe, solide Körner neben zahlreichen hellen, farblosen Kügelchen (Amylum) in den Zellen (Taf. II, Fig. 16), quellen bei Wasserzusatz rasch und beträchtlich (ohne Vacuolenbildung) auf, platten sich dabei zu mehr oder weniger regelmässigen Polyëdern ab, und bedecken so — gleichsam zusammenhängend — oft grosse Flächen des Zelllumens. (Taf. II, Fig. 17.).

Bei *Iris Mathioli* liegen in den Epidermiszellen der Perigonoberseite entweder runde oder polyëdrische 0·0015—0·003 Mm. grosse, tiefgelbe, solide, oder feinkörnige Chromatophoren (Taf. II, Fig. 24), die in lebhafter Theilung begriffen sind, oder fadenförmige Bildungen, die auf das mannigfachste durcheinandergeworfen erscheinen (Taf. II, Fig. 21 *a*). Sie stellen langgestreckte, verzweigte, vielfach gekrümmte Körnchenschnüre von gelbgrüner Farbe dar, deren Enden bei gewisser Einstellung wie durch farblose Knötchen geschlossen erscheinen. Sie zerfallen leicht in ihre Einzelkörner (Taf. II, Fig. 21 *b*), die anfangs noch die Gestalt des intacten Farbkörpers zeigen, dann aber in eine regellose Punktmasse übergehen. Beide Formen, die runden und die fadenförmigen, habe ich niemals zusammen in einer Zelle vorgefunden, sondern stets getrennt in allerdings oft benachbarten Zellen. Bei Wassereinwirkung werden beide durch Vacuolobildung ausgehöhlt (Taf. II, Fig. 23). Ausser diesen Chromatophoren kommen zahlreiche graue Schleimballen (Stärkebildner) in den Zellen vor (Taf. II, Fig. 21 *a*).

Die Epidermis der Perigonunterseite enthält sehr zahlreiche, solide, fein gekörnte, gelbe oder gelbgrüne 0·003 Mm. im Mittel haltende, runde und polyëdrische Farbkörper, die sich lebhaft theilen.

Die fadenförmigen Chromatophoren[1] zeigen sehr lebhafte Formveränderungen (Taf. II, Fig. 22 *α*—*γ*).

Die soliden homogenen Fäden (Taf. II, Fig. 22 *a*) krümmen sich auf das mannigfaltigste, schwellen stellenweise bauchig oder keulenförmig an (Taf. II, Fig. 22 *b*, *c*), es treten Vacuolen in diesen verdickten Stellen auf (Taf. II, Fig. 22 *d e*), ihre Enden werden hakenförmig gekrümmt (Taf. II, Fig. 22 *f*, *g*) und bewegen sich wie tastend, oft in Kreisbahnen herum (Taf. II, Fig. 22 *h*, *i*). Auch Äste werden aus dem Faden hervorgetrieben (Taf. II, Fig. 22 *k*), die Substanz häufig momentan ganz hyalin, dann wieder durch zahlreiche kleine Vacuolen wie schaumig (Taf. II, Fig. *m*, *p*, *r*, *u*), oder durch grössere Vacuolen, die rasch wieder verschwinden können, zu brillenförmigen (Taf. II, Fig. 22 *n*, *o*, *t* etc.) Bildungen umgestaltet. Häufig erfolgt auch ein Abtrennen eines Theiles der Substanz (Taf. II, Fig. 22 *t*, *u*, *β*, *γ*), und jeder dieser Theile durchläuft dann selbständig einen grösseren oder kleineren Gestaltenkreis.

Das Alles geschieht oft sehr rasch, und wurde z. B. die Formenreihe in Fig. 22 von *a* bis *u* in etwas mehr als fünf Minuten durchlaufen.

Die Körnchenschnüre sieht man, besonders so lange sie farblos sind, unter den Augen sich verlängern und wachsen. Das geschieht, wie man sich bei starken Vergrösserungen überzeugen kann, in der Weise, dass die sie zusammensetzenden Körnchen am wachsenden Ende des Fadens (ob auch intercalar?) sich innerhalb weniger Minuten theilen, die Theile auseinanderrücken und so den Faden verlängern, wobei sie ihre Enden in pendelartigen Schwingungen hin und her bewegen.

Die fadenförmigen gelben Chromatophoren des Perigons von *Tulipa*-Arten zeigen ebenfalls, wie die der gelb blühenden *Iris*-Arten, Formänderungen und Bewegungen in ausgezeichneter Weise.

---

[1] Sie kommen in jungen noch grün gefärbten Perigonen auch farblos oder blassgrün gefärbt vor. Bei der Pflanze erfolgt — entgegen dem gewöhnlichen Falle — die Gelbfärbung der Farbstoffkörper im Mesophylle der Perigonblätter viel früher als in der Oberhaut.

In der Perigonepidermis von *Tulipa elegans* sind — oft getrennt, oft gemischt untereinander — theils runde 0·0023 bis 0·0031 Mm. grosse, theils fadenförmige Farbstoffkörper von 0·006—0·008 Mm. Länge und im Mittel 0·00028—0·0006 Mm. Dicke vorhanden. Die runden werden von Wasser leicht zu Hohlkugeln, oder zahlreiche Vacuolen enthaltenden Bildungen ausgehöhlt (Taf. III, Fig. 25), und sieht man in den bereits längere Zeit entfalteten Blüthen oft ganze Zellen und Zellpartien von blassgelben Netzen, gebildet aus solchen in der Deformirung begriffenen Chromatophoren, erfüllt, in welchen zahlreiche, farblose Körper sichtbar sind (Taf. III, Fig. 26). Die fadenförmigen (Taf. III, Fig. 27) stellen sich als längere oder kürzere, meist wurmförmig gekrümmte, auch wohl geknickte (Taf. III, Fig. 27 *a*) solide Fäden oder Körnchenschnüre dar, die an den Orten, wo der Faden die Einstellungsebene des Mikroskopes verlässt und nach aufwärts oder abwärts biegt, auch wohl wo ein Ast ansetzt, farblose Stellen zeigen, die wie helle, etwa 0·00038 Mm. grosse, farblose Körnchen erscheinen. Auch die Enden der Fäden sind in der Regel von solchen farblosen Kügelchen geschlossen, oder liegen dieselben seitwärts dem Farbstoffkörper an. (Taf. III, Fig. 27 *b*.) Da im Zellsafte, ausser den Chromatophoren zahlreiche solche kleine farblose Körnchen (Taf. III, Fig. 27 *c*) vorkommen, mag die Erscheinung wohl davon herrühren, dass sich dieselben häufig an die Chromatophoren anlegen. Ob sie Producte derselben sind, scheint mir fraglich. Diese fadenförmigen Chromatophoren, welche in der mannigfaltigsten Weise zu Netzen etc. verbunden in den Epidermiszellen angetroffen werden, [1] zeigen in intactem Zustande ein fortwährendes In- und Durcheinanderschieben, Krümmen und Sichgeradestrecken etc., dessgleichen ein plötzliches Fortgleiten, wieder Stillestehen u. s. w. Da diese Bewegungen in ganz verschiedenen Niveaus vor sich gehen, kann man über die eigentlichen Veränderungen, welche dabei mit den Fäden, Knötchen etc. vor sich gehen, nicht viel sagen. Oft tastend, oft hin und her

[1] Im Mesophylle des Perigons liegen zahllose 0·00038 — 0·003 Mm. grosse, oft zu 2—20 mit einander verbundene gelbe, tanzende Kugeln (Tropfen), welche Schwefelsäure zuerst gelbgrün, dann grün, dann grünblau und endlich blaugrün färbt.

schwingend, oft wiederholt vorstossend und wieder zurückziehend, oft wie die Glieder eines Flosses in- und auseinandergeschoben, bieten sie eben das Bild fortwährender Formveränderung dar.

Eine braun gefärbte Tulpenvarietät zeigte die Oberhaut zusammengesetzt aus Zellen mit farblosem und solchen mit gelöstem violetten Safte. In beiden Fällen liegen im Inhalte zahlreiche, dicht gedrängte gelbe Farbstoffkörper, die wieder in zwei Formen, als runde 0·0008—0·002 Mm. (gequollen bis 0·004 Mm.) grosse, und fadenförmige, 0·004 Mm. und mehr lange, 0·00038 bis 0·0005 Mm. dicke Körnchenschnüre auftreten. Die genaue Betrachtung der letzteren zeigt hier wie anderwärts (*Iris*), dass jedes Körnchen von seinem Nachbar durch eine schmale farblose Zone getrennt ist, so dass also der Faden eigentlich aus abwechselnden Gliedern besteht, deren einige gelb gefärbt, die anderen farblos sind. (Taf. III, Fig. 28*a*.)[1]

Durch Wasser werden alle diese Gebilde in der mannigfaltigsten Weise ausgehöhlt (Taf. III, Fig. 28*b*); im intacten Zustande zeigen aber die fadenförmigen Chromatophoren eben solche Formveränderungen, Krümmungen und Weiterbewegungen, wie ich sie bei *Tulipa elegans* beschrieben habe. Sie unterscheiden sich nur durch ihre Kleinheit von den bei dieser Pflanze auftretenden Farbstoffkörpern.[2]

Schliesslich sei noch der Chromatophoren in der Blüthe von *Trollius europaeus* gedacht. Sie erfüllen als mehr oder weniger dicht gelagerte, oft zu förmlichen Netzen vereinigte Fäden und Körnchenschnüre den Inhaltsraum der gebuchteten Zellen der Oberhaut der Blumenblattunterseite (Taf. III, Fig. 29). In der Regel strahlen sie gleichsam radienartig von dem Cytoblasten aus, sind häufig verzweigt, auch wohl an ihren Enden mit einer Schlinge versehen, oder tragen an denselben ein kleines, grau gefärbtes Schleimkügelchen (Stärkebildner). Nicht selten sind diese Enden auch etwas aufgetrieben und durch Vacuolen in der

---

[1] Die fadenförmigen Chromotophoren liegen meist vielfach verschlungen und durcheinandergewunden im Inhalte der Zellen, so dass diese Partien wie gestreift erscheinen.

[2] Die dem freien Auge grünlich erscheinenden Partien an der Basis der Perigonoberseite zeigen die gelben Chromatophoren in gelöstem blauen Zellsafte.

Substanz ausgezeichnet. Bei einer Dicke von 0·00038—0·0007 Mm. erreichen diese fadenförmigen Chromatophoren häufig eine Länge von 0·013 Mm. und darüber. Durch Essigsäure zerfallen sie in lauter gelbe, kugelige Tropfen (Theilkörner), welche zuerst noch in der Gestalt der ursprünglichen Fäden gruppirt bleiben (Taf. III, Fig. 29 *e*), dann aber ordnungslos im Zellraume liegen. (Taf. III, Fig. 29 *f*.) Ein gleiches Zerfallen in Körnchen bewirkt Behandlung mit Jodlösung.

Auch diese fadenförmigen Farbstoffkörper zeigen mehr oder minder energische Bewegungen und Formveränderungen, Krümmungen der verschiedensten Art und Änderungen in der Structur ihrer Substanz, die durch das Auftreten von Vacuolen, Körnig- und wieder Hyalinwerden derselben etc. gekennzeichnet sind.[1]

Die gelben Chromatophoren von *Iris*, *Tulipa*, *Trollius*, *Oenothera* u. A. verhalten sich demnach ganz wie ihnen gestaltlich ähnliche farblose Protoplasmakörper.

---

[1] Den Antheil, den farblose, später auf ganz kurze Zeit ergrünende und dann sich gelb färbende Stärkebildner (Leucoplastiden) an der Entwicklung dieser Chromatophoren haben, kann man bei *Trollius* mit seltener Leichtigkeit feststellen.



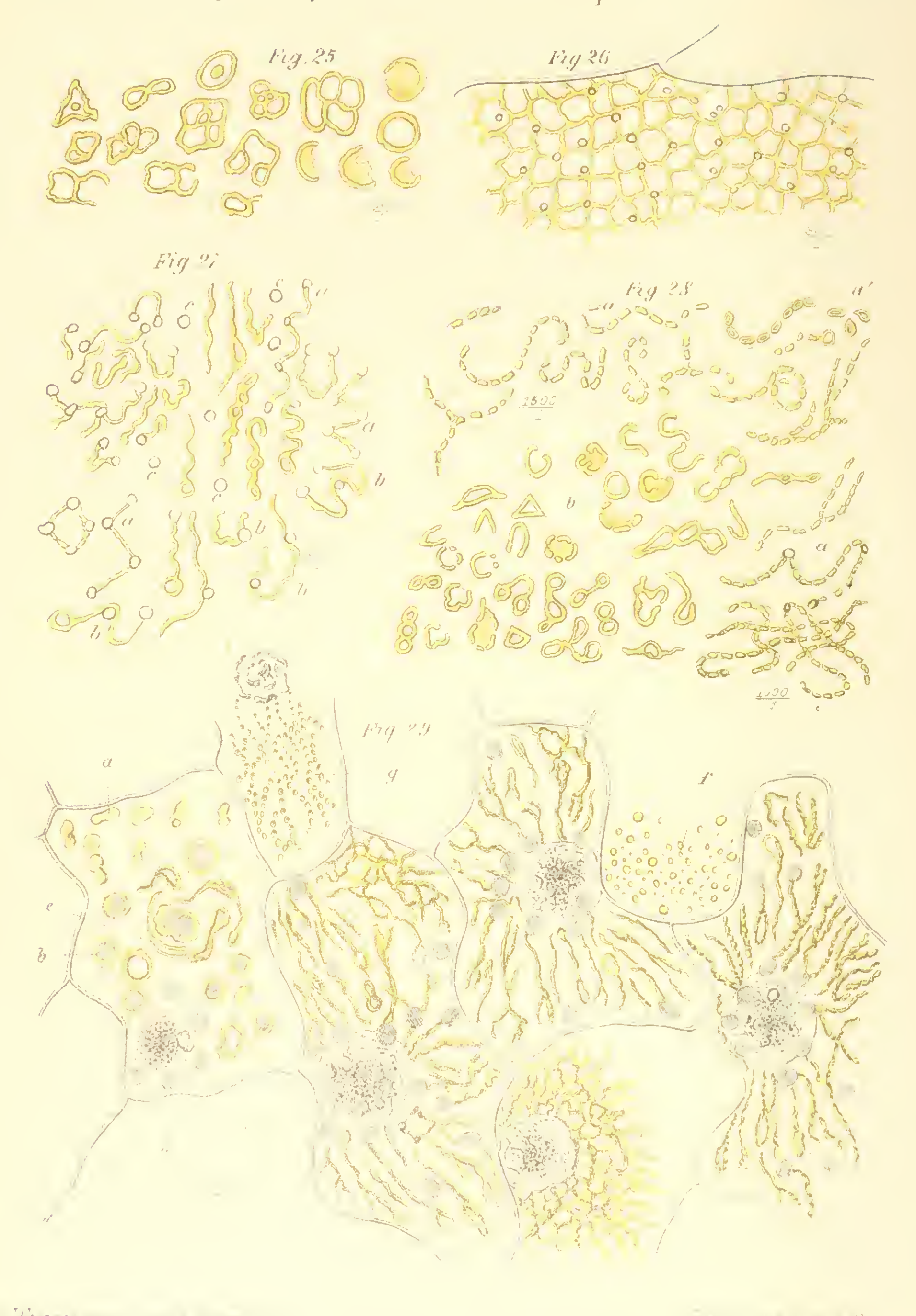


Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29



Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9.
Fig. 10
Fig. 13
Fig. 11.
Fig. 12
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16.
Fig. 17
Fig. 19.
Fig. 18
Fig. 20.
Fig. 21
Fig. 23





Weiss ad natur. del. e F. Schima lith. Druck v. Jos. Wagner, Wien

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Iris Kamorensis.

(Fig. 1—6.)

Fig. 1. *A.* Epidermis der Unterseite des Perigons. Flächenansicht. *a.* Einstellung auf die äussere, *b—e* Einstellung auf die innere Wand der Oberhautzellen; *a*, *d*, *g* zeigen intacte Chromatophoren; *b*, *c*, *e*, *f* solche, die durch Wasserwirkung in Deformation begriffen sind; *f* Zerfallstadien.
Vergrösserung: 900 Mal.

„ 1. *B.* Chromatophoren aus den Papillenzellen der Epidermis der Oberseite des Perigons, in verschiedenen Stadien ihrer Aushöhlung durch Wasser.
Vergrösserung: 900 Mal.

„ 2. *a—m.* Successive spontane Veränderungen eines Farbkörpers in der Reihenfolge der Beobachtung.
Vergrösserung: 1000 Mal.

„ 3. *a—i.* Dessgleichen eines anderen Farbkörpers.
Vergrösserung: 1000 Mal.

„ 4. *a—c.* Gegenseitige Veränderungen an zwei benachbarten Chromatophoren.
Vergrösserung: 1000 Mal.

„ 5. *a—g.* Veränderungen der Gestalt und Bewegungen einer Gruppe von Farbkörpern.
Vergrösserung: 1000 Mal.

„ 6. *a—e.* Abschnürung einer Inhaltsportion eines Farbkörpers.
Vergrösserung: 1000 Mal.

Tafel II.

Iris sordida.

(Fig. 7—18.)

Fig. 7—10. Successive Bewegungen und Formänderungen der fadenförmigen Farbstoffkörper in der Reihenfolge der Beobachtung. Aus der Epidermis der Oberseite des Perigons.
Vergrösserung: 1200 Mal.

„ 11.—13. Dessgleichen aus den Narbenzellen genommen.
Vergrösserung: 1500 Mal.

„ 14. *a.* Farblose und mattgrün gefärbte Körnchenschnüre aus der Epidermis eines ganz jungen Narbenblattes. *b*, *c*. Chlorophyllkorn aus demselben Blatte; — bei *b* durch Wasserwirkung ausgehöhlt.
Vergrösserung: 1600 Mal.

„ 15. Bereits gelb gefärbte Körnchenschnüre, aus einem etwas älteren Perigonblatte.
Vergrösserung: 1600 Mal.

„ 16. Runde Chromatophoren aus einem noch sehr jungen Perigonblatte genommen.
Vergrösserung: 1000 Mal.

„ 17. Dieselben in Wasser gequollen.
Vergrösserung: 1000 Mal.

Iris sordida.

(Fig. 18.)

Fig. 18. Oberhautzellen der Blattunterseite des Perigons. *a.* intacte, *b.* die Farbkörper in verschiedenen Stadien der Deformation durch Wasserwirkung zeigend.

Iris Kamorensis.

(Fig. 19, 20.)

Fig. 19 und 20. Hautartige, vacuolige Bildungen durch Coaguliren von Farbkörpern bei Einwirkung von Reagentien entstanden.
Vergrösserung: 700 und 500 Mal.

Iris Mathioli.

(Fig. 21—24.)

Fig. 21. Fadenförmige Chromatophoren aus der Oberhaut der Perigonoberseite. *a.* intact und mit Stärkebildnern zusammen in der Zelle; *b.* Zerfallstadium.
Vergrösserung: 900 Mal.

„ 22. α—γ. Formänderungen, Bewegungen und Abschnürungserscheinungen in der Reihenfolge, wie sie an einem fadenförmigen Farbkörper aus der Epidermis der Perigonunterseite beobachtet wurden.
Vergrösserung: 1200 Mal.

„ 23. Wasserwirkung auf die Chromatophoren der Oberhaut der Perigonoberseite.
Vergrösserung: 900 Mal.

„ 24. Runde oder polyëdrische, solide, intacte Farbstoffkörner. Zum Theil feingekörnt und in Theilung. Aus der Epidermis der Perigonoberseite.
Vergrösserung: 900 Mal.

Taf. III.

Tulipa elegans.

(Fig. 25—27.)

Fig. 25. Die runden Chromatophoren der Epidermis der gelben Stellen der Perigonbasis. Deformation durch Wasserwirkung.
Vergrösserung: 900 Mal.

„ 26. Stück einer Oberhautzelle mit durch Wasser gequollenen, sich berührenden Farbstoffkörpern.
Vergrösserung: 900 Mal.

„ 27. Die fadenförmigen Chromatophoren aus Oberhautzellen des Perigons; *a.* geknickte Formen; *b.* mit anhaftenden Fremdkörpern; *c.* farblose Inhaltskügelchen der Zellen der Oberhaut.
Vergrösserung: 1000 Mal.

Tulipa spec.

(Fig. 28.)

Fig. 28. Runde und fadenförmige Chromatophoren aus der Epidermis der Perigonunterseite einer gelb blühenden Tulipa. *a.* Die stabförmigen, ihre Gliederung aus Körnchen zeigend.
Vergrösserung: 1500 Mal.
b. Die runden Farbstoffkörper in verschiedenen Stadien der Deformation durch Wasserwirkung.
Vergrösserung: 1000 Mal.

Trollius europaeus.

(Fig. 29.)

Fig. 29. Epidermiszellen der Blumenblattunterseite, mit ihren fadenförmigen Chromatophoren und Stärkebildnern. Die linksseitige Zelle enthält (schematisch) in *a.* intacte, ganz junge Chromatophoren, in *b.* noch jüngere Stadien, wo die Stärkebildner, die früher farblos waren (*d*), sich anfangen zu tingiren; *c.* und *e.* Wasserwirkungen auf ausgebildete Farbstoffkörper; *f.* und *g.* Wirkung von Essigsäure auf die Chromatophoren und den Cytoblasten.